

FR04/50120

# BREVET D'INVENTION

**CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION**

## COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 29 AVR. 2004

Pour le Directeur général de l'Institut  
national de la propriété industrielle  
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

**DOCUMENT DE PRIORITÉ**

PRÉSENTÉ OU TRANSMIS  
CONFORMÉMENT À LA  
RÈGLE 17.1.a) OU b)

**BEST AVAILABLE COPY**

INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE

SIEGE  
26 bis, rue de Saint-Petersbourg  
75800 PARIS cedex 08  
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04  
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23  
www.inpi.fr



# BREVET D'INVENTION

## CERTIFICAT D'UTILITE

26bis, rue de Saint-Petersbourg  
75800 Paris Cédex 08  
Téléphone: 01 53.04.53.04 Télécopie: 01.42.94.86.54

Code de la propriété intellectuelle-livre VI

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE

DATE DE REMISE DES PIÈCES: 20.03.2003 N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL: 0350057 DÉPARTEMENT DE DÉPÔT: 75 DATE DE DÉPÔT: 20.03.2003	Christian, Norbert, Marie SCHMIT Cabinet Christian SCHMIT et Associés 8, place du Ponceau 95000 CERGY France
Vos références pour ce dossier: 10830fr	

<b>1 NATURE DE LA DEMANDE</b>			
Demande de brevet			
<b>2 TITRE DE L'INVENTION</b>			
PROCÉDÉ POUR TRAITER UN SIGNAL ÉLECTRIQUE DE SON			
<b>3 DECLARATION DE PRIORITE OU REQUETE DU BENEFICE DE LA DATE DE DEPOT D'UNE DEMANDE ANTERIEURE FRANCAISE</b>		Pays ou organisation	Date N°
<b>4-1 DEMANDEUR</b>			
Identifiant:	41985041700017		
Nom	ARKAMYS		
Rue	5, rue Frédéric BASTIAT		
Code postal et ville	75008 PARIS		
Pays	France		
Nationalité	France		
Forme juridique	Société anonyme		
<b>5A MANDATAIRE</b>			
Nom	SCHMIT		
Prénom	Christian, Norbert, Marie		
Qualité	CPI: 92 1225, Pas de pouvoir		
Cabinet ou Société	Cabinet Christian SCHMIT et Associés		
Rue	8, place du Ponceau		
Code postal et ville	95000 CERGY		
N° de téléphone	01 30 73 84 14		
N° de télécopie	01 30 73 84 49		
Courrier électronique	info@schmit-associes.com		
<b>6 DOCUMENTS ET FICHIERS JOINTS</b>		Fichier électronique	Pages
Texte du brevet		textebrevet.pdf	27
Dessins		dessins.pdf	3
Désignation d'inventeurs		Détails	
		D 21, R 5, AB 1	
		page 3, figures 5, Abrégé:	
		page 1, Fig.1	

<b>7 MODE DE PAIEMENT</b>					
Mode de paiement		Virement bancaire			
<b>8 RAPPORT DE RECHERCHE</b>					
Etablissement immédiat					
<b>9 REDEVANCES JOINTES</b>		Devise	Taux	Quantité	Montant à payer
062 Dépôt		EURO	0.00	1.00	0.00
063 Rapport de recherche (R.R.)		EURO	320.00	1.00	320.00
068 Revendication à partir de la 11ème		EURO	15.00	9.00	135.00
Total à acquitter		EURO			455.00

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire.  
Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI.

Signé par

Signataire: FR, Cabinet Schmit et associés, O. Camus

Emetteur du certificat: DE, D-Trust GmbH, D-Trust for EPO 2.0

Fonction

Mandataire agréé (Mandataire 1)



# BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITE

## Réception électronique de la soumission

Il est certifié par la présente qu'une demande de brevet (ou de certificat d'utilité) a été reçue par le biais du dépôt électronique sécurisé de l'INPI. Après réception, un numéro d'enregistrement et une date de réception ont été attribués automatiquement.

Demande de brevet: X

Demande de CU:

<b>DATE DE RECEPTION</b>	20 mars 2003	<b>Dépôt en ligne: X</b> <b>Dépôt sur support CD:</b>
<b>TYPE DE DEPOT</b>	INPI (PARIS) - Dépôt électronique	
<b>N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL ATTRIBUE PAR L'INPI</b>	0350057	
<b>Vos références pour ce dossier</b>	10830fr	

**DEMANDEUR**

Nom ou dénomination sociale

ARKAMYS

Nombre de demandeur

1

Pays

FR

**TITRE DE L'INVENTION**

PROCÉDÉ POUR TRAITER UN SIGNAL ÉLECTRIQUE DE SON

**DOCUMENTS ENVOYES**

pkgheader.xml	Requetefr.PDF	application-body.xml
package-data.xml	ValidLog.PDF	fee-sheet.xml
Design.PDF	Comment.PDF	textebrevet.pdf
FR-office-specific-info.xml	indication-bio-deposit.xml	request.xml
dessins.pdf		

**EFFECTUE PAR**

Effectué par:

C. Schmit

Date et heure de réception électronique:

20 mars 2003 10:36:36

Empreinte officielle du dépôt

EF:6F:8C:F0:89:E0:19:D0:F9:5E:E0:17:8D:B4:B9:A5:94:72:EC:F4

/ PARIS, Section Dépôt /

SIEGE SOCIAL  
INSTITUT 28 bis, rue de Saint Petersbourg  
NATIONAL DE 75800 PARIS cedex 08  
LA PROPRIETE Téléphone : 01 53 04 53 04  
INDUSTRIELLE Télécopie : 01 42 93 59 30

## Procédé pour traiter un signal électrique de son

La présente invention a pour objet un procédé de traitement d'un  
5 signal électrique de son. Le but de l'invention est, avec ce signal électrique  
de son, de produire un effet de profondeur au moment de la diffusion. Dans  
l'invention, on utilise de préférence un signal de son stéréophonique, mais on  
pourrait utiliser un signal de son monophonique. A partir d'un son classique  
gauche droite, le procédé donne un effet de profondeur qui transpose  
10 l'auditeur dans un espace à trois dimensions. L'invention trouve des  
applications particulièrement avantageuses, mais non exclusivement, dans le  
traitement d'une bande son originale de film. Elle peut concerner cependant  
le traitement d'une bande musicale quelconque, que celle-ci soit par ailleurs  
mémorisée sur un support en bande ou sur un disque. L'invention est  
15 destinée, entre autres, aux ingénieurs du son qui pourront à partir d'un signal  
de son sans profondeur, classique et disponible sur un support du  
commerce, appliquer des transformations de manière à conférer au son le  
volume et l'enveloppement désirés. L'invention vise aussi des applications  
industrielles qui consistent à installer sur des appareils grand public des  
20 éléments, comme par exemple des mémoires, qui incorporent des  
paramètres nécessaires et suffisants à la mise en œuvre d'un traitement  
sonore selon l'invention. Comme l'ingénieur du son, l'utilisateur final pourra à  
partir des réglages proposés sur sa chaîne stéréophonique, sa télévision ou  
son lecteur de musique numérique donner la profondeur qu'il désire au son à  
25 l'instant où il le souhaite.

Un son sans profondeur, plat, donne l'impression quand on l'écoute à  
une certaine distance de provenir d'un plan situé en regard de l'auditeur. Un  
son avec profondeur donne l'impression, bien plus plaisante, de provenir de  
sources sonores disposées dans plusieurs plans en profondeur par rapport à  
30 l'auditeur.

On sait que dans le domaine du traitement de son, il est nécessaire de  
procéder à des modifications du son ou à des prises de son originales, afin  
de donner à l'auditeur un confort d'écoute optimal. Tel est le cas, par  
exemple, du son d'un film ou d'un support audio.

35 On connaît, au travers du document EP-A-1 017 249, un procédé

destiné à la prise de sons, à leur enregistrement et à leur restitution et qui reproduit la sensation naturelle d'espaces sonores. Ce procédé est mis en œuvre au moyen d'un ensemble de prise de sons, d'un support d'enregistrement et d'un ensemble de diffusion. On effectue dans ce procédé

5 une prise de son simultanément par deux microphones dits respectivement droit et gauche. On déplace l'ensemble des microphones par rapport à une source sonore en faisant particulièrement varier de manière différentielle, la distance et la hauteur de chaque microphone par rapport à la source. C'est-à-dire qu'on rapproche un microphone de la source sonore quand on éloigne

10 l'autre et vice versa. Cet éloignement est mené de telle façon que l'une quelconque des deux faces d'un plan virtuel, qui s'étend d'un microphone à l'autre, s'éloigne d'un microphone ou de l'autre. Le microphone droit peut ainsi devenir le microphone gauche. Les deux microphones peuvent aussi être approchés et éloignés simultanément par rapport à la dite source. Ce

15 procédé, que l'on peut qualifier d'acoustico-analogique, permet de donner une impression de profondeur à un type bien défini de son : le son pour lequel la prise de son a été effectuée au moyen des deux microphones, et pour la position et la variation de position de ces deux microphones au moment de la prise de son.

20 Ce procédé présente des limites. En effet, suivant la manière dont les microphones sont bougés pendant la prise de son, le son enregistré possède une teinte particulière. Cette teinte, dite aussi couleur, peut apparaître plus ou moins agréable ou plus ou moins efficace compte tenu des effets désirés. En outre, cette teinte n'est plus modifiable.

25 De plus, compte tenu de la nature du procédé, il faut réaliser pour chaque son nouveau à traiter une prise de son particulière. Cette prise de son particulière entraîne qu'il faut effectuer autant de prises de son nouvelles que de sons nouveaux à traiter, sans garantie du résultat escompté. Cette dernière remarque signifie qu'un acheteur ne peut disposer simultanément

30 du son non traité et du son traité que s'il acquiert une version non traitée et une version traitée. L'acheteur ne peut en outre pas passer simplement d'une version du son à l'autre, en activant ou non la transformation à l'aide d'un bouton de commande sauf s'il dispose d'un double lecteur.

35 L'invention a pour but de remédier à ce problème de multitude de prises de son et de disponibilité en permettant d'appliquer un traitement

sonore numérique de mise en profondeur d'un son quelconque de départ à traiter. L'invention consiste à simuler numériquement une transformation qui correspond au procédé analogique de prise de son cité ci-dessus. Cette simulation est rendue possible parce que, au préalable, on a déterminé les paramètres de cette transformation. Les paramètres de cette transformation sont établis à l'aide d'une configuration de prise de son. Dans cette configuration, on place deux haut-parleurs dans une salle en regard d'une tête artificielle. La tête artificielle comporte deux microphones simulant les deux oreilles humaines. Pour déterminer les paramètres, on effectue une détection numérique d'un bruit blanc reçu par chacun des microphones de la tête. On considère que pour chacun des haut-parleurs, deux chemins de propagation sont possibles pour atteindre les microphones. Ce double chemin se décompose en un chemin latéral et un chemin croisé pour chacun des haut-parleurs. De cet arrangement des haut-parleurs et des microphones dans l'espace, on extrait différents filtres, quatre dans un exemple (quand il y a deux haut-parleurs et deux microphones), correspondant aux quatre chemins possibles du son. On fait correspondre un filtre de la transformation entre un son détecté et un son émis pour chaque chemin. La simulation consiste ensuite à traiter le son quelconque de départ en le faisant passer dans un filtre dont les paramètres sont conformes à la transformation. On peut appliquer lesdits filtres à n'importe quel type de son, de manière à simuler numériquement le trajet analogique du son. Finalement, en combinant numériquement en outre, le son traité par les filtres et le son d'origine, on obtient une sensation de profondeur qui donne à l'auditeur l'impression que le son est en trois dimensions. L'auditeur peut en sollicitant ou non les filtres passer d'une écoute classique (à plat) à une écoute en profondeur.

Lors de leur combinaison, le son d'origine et le son traité par les filtres sont de préférence décalés dans le temps.

L'invention concerne donc un procédé de traitement d'un signal électrique de son dans lequel on met en œuvre les étapes suivantes :

- on traite un signal électrique de son droit et un signal électrique de son gauche pour produire un signal électrique de son droit traité et un signal électrique de son gauche traité,

caractérisé en ce que pour traiter

- on simule la production d'un premier signal électrique de son traité droit à partir du signal électrique de son droit,

- on simule la production d'un deuxième signal électrique de son traité droit à partir du signal électrique de son gauche,

5       - on simule la production d'un troisième signal électrique de son traité gauche à partir du signal électrique de son gauche,

- on simule la production d'un quatrième signal électrique de son traité gauche à partir du signal électrique de son droit, et

10       - on diffuse un son correspondant à ces quatre signaux électriques de son traités.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui suit et à l'examen des figures qui l'accompagnent. Celles-ci ne sont présentées qu'à titre indicatif et nullement limitatif de l'invention. Les figures montrent :

15       - Figure 1 : un montage représentant un traitement numérique utilisé pour le traitement du son selon l'invention ;

- Figure 2 : une représentation schématique d'un dispositif utilisé pour l'extraction des coefficients de filtres, caractérisant les différents chemins pris par le son émis par deux haut-parleurs jusqu'aux microphones de la tête ;

20       - Figure 3 : des dispositions dans l'espace des éléments du dispositif de la prise de son de la figure 2 montrant aussi une notion de cône de confusion associé à l'oreille humaine ;

- Figure 4 : une allure d'un exemple d'un filtre latéral droit et d'un filtre croisé droite/gauche ;

25       - Figure 5 : le principe de réalisation préféré de chacun des filtres à travers un exemple ;

Les figures 1, 2 et 5 représentent un mode de mise en œuvre de l'invention. D'autres modes de réalisation peuvent exister et répondre à la définition de l'invention.

30       La figure 1 illustre par un montage le principe du procédé de traitement numérique d'un signal électrique de son de l'invention. Le montage comporte deux filtres 1 et 2 pour simuler les différents trajets du son. Il comporte aussi en pratique quatre sommateurs 3, 4, 5 et 6 pour ajouter deux à deux les signaux filtrés par les filtres 1 et 2. En sortie de ces sommateurs, et parce que dans une version préférée le traitement est

35       fréquentiel, deux cellules de transformée de Fourier discrète inverses 7 et 8

permettent de transposer les signaux dans le temps. Deux transformateurs matriciels 9 et 10 permettent de traiter le signal électrique qui leur est appliqué en entrée et provenant des cellules 7 et 8. Deux haut-parleurs 11 et 12 permettent de diffuser les sons obtenus délivrés par les transformateurs matriciels.

Un signal électrique de son droit 13 est appliqué en entrée 14 du filtre 1. Il est divisé en sortie du filtre, en un signal électrique de son droit traité 15 et un signal électrique de son gauche traité 16. Un signal électrique de son gauche 17 est appliqué via la connexion 18 en entrée 19 du filtre 2. Ce signal 17 est divisé en sortie du filtre 2 en un signal électrique traité de son droit 20 et un signal électrique traité de son gauche 21. Si le son de départ est monophonique, les signaux électriques de son appliqués aux entrées 14 et 19 sont les mêmes. On pourrait aussi simplifier en supprimant le filtre 2 et en utilisant pour le filtre 1 une combinaison des coefficients des filtres 1 et 2. Les quatre signaux électriques 15, 16 et 20 et 21 observés en sortie des filtres 1 et 2 correspondent chacun à la simulation d'un chemin qu'aurait pris le son associé aux signaux électriques de son d'origine dans l'air. En agissant ainsi, on se rend compte qu'on a simplement simulé numériquement la transformation acoustico-analogique de l'état de la technique citée. Cette simulation s'est appliquée sur le son quelconque de départ associé aux signaux 13 et 17. On peut même décider de mettre ou non en œuvre l'invention en raccordant ou non les entrées 14 et 19 aux filtres 1 ou 2 ou aux haut-parleurs 11 ou 12. Le raccordement peut être réalisé par des commutations engendrées par un seul bouton de commande sur une face avant d'un appareil.

Dans l'invention, les quatre signaux sont de préférence combinés comme suit. Le premier signal électrique de son droit traité 15, obtenu à partir du signal électrique de son droit d'origine est appliqué en entrée 23 du sommateur 3 via une liaison 22. Le deuxième signal électrique de son droit traité 20, obtenu à partir du signal électrique de son gauche d'origine, est appliqué sur la seconde entrée 24 du sommateur 3 via la liaison 25. On obtient alors en sortie du sommateur 3 un signal électrique de son droit 26 obtenu à partir des signaux électriques de son droit 13 et de son gauche 17 d'origine.

Le troisième signal électrique de son gauche traité 21 obtenu à partir

du signal électrique de son gauche d'origine est appliqué sur l'entrée 27 du sommateur 4 via la connexion 28. Le quatrième signal électrique de son gauche traité 16, obtenu à partir du signal électrique de son droit 13, est appliqué en entrée 29 du sommateur 4 par l'intermédiaire de la liaison 30. On obtient alors en sortie du sommateur 4 un signal 31 de son gauche traité, obtenu à partir des signaux électriques de son droit 13 et de son gauche 17 d'origine.

Dans un exemple préféré, les signaux 26 et 31 observables en sortie des deux sommateurs 3 et 4 sont transposés dans le domaine fréquentiel. En effet, les filtres 1 et 2 sont appliqués sur les spectres fréquentiels des signaux d'entrée pour une plus grande facilité de traitement. On expliquera par la suite pourquoi un tel traitement est préféré.

Le signal électrique de son droit traité 26 obtenu en sortie du sommateur 3 est appliqué en entrée 32 d'une cellule 7 de transformée de Fourier discrète inverse via la connexion 33, de manière à obtenir en sortie de la cellule 7, un signal électrique 34 de son droit traité transposé dans le domaine temporel.

De même, le signal électrique 31 de son gauche traité obtenu en sortie du sommateur 4 est appliqué en entrée 35 d'une cellule 8 de transformée de Fourier discrète inverse via une connexion 36. En sortie de la cellule 8 de transformée de Fourier discrète inverse on obtient un signal électrique 40 de son gauche traité transposé dans le temps. Dans la suite de l'exposé, on parlera de transformée de Fourier discrète. Il est cependant possible d'utiliser d'autres types de transformation. On pourrait utiliser des circuits de transformée en  $z$  ou autres. En outre ces transformées sont discrètes pour convenir à un calcul numérique. Toutefois une simulation analogique serait envisageable.

Le signal 34 est appliqué via une connexion 39, en entrée 38 du transformateur matriciel 9. Le transformateur 9 réalise une opération de sélection de sous-matrice MD. Cette opération matricielle MD a pour rôle de sélectionner une partie des échantillons du signal électrique d'entrée. Comme on le verra plus tard dans la figure 5, certains échantillons sont redondants et ils ne sont pas significatifs dans la restitution de profondeur du son final. L'opération matricielle MD permet de résoudre ce problème de redondance. De même, le signal 40 obtenu en sortie de la transformée de

Fourrier discrète inverse 8 est appliqué en entrée 41 d'une cellule matricielle 10 contenant une partie MG via la connexion 42, de manière à obtenir en sortie 43 un signal qui ne conserve que les échantillons significatifs.

5 Le signal électrique de son droit traité transposé et modifié obtenu en sortie 44 du transformateur matriciel 9 et le signal électrique de son gauche traité transposé et modifié obtenu en sortie 43 sont ensuite combinés, de préférence, respectivement avec le signal électrique de son droit d'origine 13 et le signal électrique de son gauche d'origine 17, de la manière suivante :

10 Le signal électrique de son droit traité, transposé et modifié observable en 44 est prélevé à l'interconnexion 46 de la connexion 45 reliée à la sortie 44 de la cellule matricielle 9. Ce signal prélevé en 46 est appliqué en entrée 47 du sommateur 5 via la jonction 48. Le signal électrique de son droit 13 est prélevé à l'interconnexion 49 de la liaison reliant le signal électrique de son droit 13 à l'entrée du filtre 1. Ce signal prélevé est appliqué  
15 en entrée 50 du sommateur 5 via la connexion 51. La sortie 52 du sommateur 5 est reliée à l'entrée 53 du haut-parleur 11 via la connexion 54.

Le signal électrique de son gauche traité, transposé et modifié, est prélevé en sortie 43 de la cellule matricielle 10 à l'interconnexion 54 de la liaison 55. Ce signal est appliqué en entrée 56 du sommateur 6 via la liaison  
20 57. Le signal électrique de son gauche 17 est prélevé sur la liaison 18 par l'intermédiaire de la jonction 58. Ce signal est appliqué sur la deuxième entrée 59 du sommateur 6 via la jonction 60. La sortie 61 du sommateur 6 est appliquée en entrée 62 du haut-parleur 12 via la connexion 63.

Le son résultant de la diffusion sonore 63 du haut-parleur 11 ainsi que  
25 de la diffusion sonore 64 du haut-parleur 12 résulte d'une combinaison, ici additionnelle, entre les signaux électriques de son d'origine 13 et 17 avec les signaux électriques de son traités observables en 46 et 54. On introduit de préférence un décalage temporel entre les signaux d'origines et les signaux traités, de manière à ce que chacun des signaux électriques traités soient  
30 émis en avance par rapport aux signaux électriques de son d'origine. Cette combinaison de signaux et ce décalage temporel procurent une sensation complémentaire de profondeur à l'auditeur. On pourrait se passer des sons d'origine.

Bien entendu, en utilisation monophonique, les signaux destinés aux  
35 entrées des haut-parleurs 11 et 12 sont mélangés et diffusés par un haut

parleur unique. On a constaté avec l'invention, dans le cadre d'une telle utilisation, en particulier avec un téléphone mobile, une meilleure intelligibilité des sons diffusés. Notamment pour des messages publicitaires accompagnés d'un fond sonore, ils sont mieux compris par l'auditeur avec  
5 les traitements de l'inventions que sans ces traitements.

La figure 2 est l'équivalent analogique du système essentiel de l'invention délimité en pointillé dans la figure 1. De ce montage, on déduit les fonctions de transfert qui sont présentes dans les filtres 1 et 2 de la figure 1. Cette déduction forme la phase d'extraction des filtres. Pour cela, on dispose  
10 dans une pièce deux haut-parleurs 65 et 66 ainsi qu'une tête artificielle 67 composée de deux microphones 68 et 69 situés sur la tête et orientés dans des directions formant un angle de  $180^\circ$  l'une par rapport à l'autre. Ils correspondent en fait aux oreilles de la tête artificielle 67.

Le son émis en sortie du haut-parleur 70 est divisé en deux ondes  
15 acoustiques empruntant les chemins 71 et 72. L'onde qui emprunte le chemin 71 atteint par le chemin le plus court un des microphones 68 de la tête 67. L'onde acoustique 72 atteint le microphone 69 par le chemin le plus long 72. De la même manière, le son émis en sortie du haut-parleur 73 atteint la tête via deux chemins : une partie du son émis va de la sortie du  
20 haut-parleur 73 vers le microphone gauche 69 via le chemin 74, l'autre partie du son émis va de la sortie du haut-parleur 73 au microphone droite de la tête 68 via le chemin 75. Les ondes ou champs acoustiques qui empruntent les chemins 71 et 74 constituent les champs latéraux. Les champs acoustiques qui empruntent les chemins 72 et 75 constituent les champs  
25 croisés.

Bien que la tête artificielle puisse être située n'importe où dans la salle pour simuler un trajet de son particulier et réaliser une phase d'extraction, dans une configuration particulière, la tête artificielle 67 est située dans l'axe médian des deux haut-parleurs. Une étape intermédiaire consiste donc à  
30 placer très précisément la tête sur cet axe médian. Pour cela, on envoie un même train d'impulsions correspondant à un peigne de diracs appliqué en entrée du haut parleur 65 et simultanément en entrée du haut parleur 66. en théorie un dirac est une impulsion instantanée et infinie, les impulsions du peigne sont ici très brèves et de forte amplitude. Le maximum d'amplitude du  
35 dirac est appelé pic de dirac. Pendant la diffusion des trains d'impulsions, on

observe des signaux reçus par les microphones 68 et 69 au moyen d'un oscilloscope relié à la sortie de ces microphones. Les deux voies de cet oscilloscope sont réglées sur une même base de temps. Les signaux observés ont l'allure d'un peigne de diracs dont les amplitudes de pics sont variées. Sur chaque voie, le pic de dirac d'amplitude la plus élevée correspond au champ direct et le pic de dirac d'amplitude directement inférieure correspond au champ croisé. On fait varier la position de la tête artificielle 67 jusqu'à ce que les champs directs et les champs croisés soient synchrones, c'est à dire que les pics correspondant au champ direct et les pics correspondant aux champs croisés observables sur l'oscilloscope soient alignés deux à deux. Ainsi le champ direct reçu par le microphone 68 doit être aligné temporellement avec le champ direct reçu par le microphone 69 et le champ croisé reçu par le microphones 68 doit être lui aussi aligné avec le champ croisé reçu par le microphone 69. Après avoir réalisé ce réglage de la configuration particulière préférée, on est sûr que la tête artificielle 67 se trouve très exactement à égale distance des haut-parleurs 65 et 66.

En ce qui concerne la phase d'extraction, il ne faut pas la restreindre à la mise en œuvre d'un dispositif faisant intervenir deux microphones et deux haut-parleurs seulement. De manière générale, si on utilise  $p$  haut-parleurs avec  $q$  microphones, on multiplie les chemins croisés. Pour chacun des  $p$  haut-parleurs,  $q$  chemins sont possibles pour atteindre les  $q$  microphones. Un tel dispositif conduit alors à  $q$  coefficients pour chacun des haut-parleurs. Pour établir ces  $q$  coefficients, on isole un à un les  $p$  haut-parleurs.

Dans le cas simple et préféré avec deux haut-parleurs et deux microphones, cet établissement est mené à partir d'une prise de son différente de celle du procédé acoustico-analogique ci-dessus. En effet, dans le procédé acoustico-analogique étudié dans l'état de la technique, les sons originaux sont émis en même temps. Par opposition, pour extraire les fonctions de transfert des filtres de l'invention, on applique des signaux acoustiques de bruit blanc, isolément et successivement, sur chacun des haut-parleurs 65 et 66. On utilise un bruit blanc dans cette étape d'extraction de filtres parce que le bruit blanc permet par ailleurs d'utiliser une méthode de longueur de séquence maximum (MLS) qui évite notamment qu'un bruit extérieur ne vienne perturber l'expérience.

On produit dans un premier temps et pour une configuration de

diffusion, un signal électrique de bruit blanc droit SBD 76. Ce signal SBD 76 est appliqué en entrée 77 du haut-parleur 65. Un signal acoustique de bruit blanc droit est alors émis en sortie 70 du haut-parleur 65 et donne naissance à un signal électrique de bruit blanc modifié détecté par le microphone 68 à cause du chemin latéral 71. De même, un signal électrique de bruit blanc modifié est détecté par le microphone 69 à cause du chemin croisé 72. Le son détecté par les microphones n'est pas blanc en raison de la chaîne de propagation suivie par le bruit blanc de départ. C'est pourquoi, on qualifie ce son détecté de bruit blanc modifié. Des deux signaux détectés par les microphones 68 et 69 de la tête à partir du signal électrique de bruit blanc droit émis, on peut respectivement déterminer les coefficients de transformation HDD 78 du filtre 1 et HDG 79 du filtre 1. Ces coefficients résultent par exemple d'une division fréquentielle, composante fréquentielle à composante fréquentielle, point à point complexe, entre les spectres fréquentiels des signaux électriques détectés par les microphones et celui du signal électrique blanc droit d'origine. On obtient ainsi deux jeux de coefficients HDD 78 et HDG 79. Les composantes des spectres des différents signaux de la phase d'extraction sont des points complexes au sens mathématique. Chaque point donne en effet une indication sur la phase et l'amplitude du signal auquel il se rapporte.

Cette division fréquentielle correspond en fait pour HDD 78 à une première intercorrélacion du signal électrique de bruit blanc droit en entrée avec le signal électrique de bruit blanc droit modifié dans le microphone 68. On réalise ensuite pour HDG 79 une seconde intercorrélacion entre le signal électrique de bruit blanc appliqué en entrée du haut-parleur 77, avec le signal électrique de bruit blanc gauche modifié traité détecté par le microphone 69.

Dans un second temps, on émet uniquement en entrée 80 du haut-parleur 66 un signal électrique de bruit blanc gauche SBG 81 par l'intermédiaire de la liaison 82. Le signal de son gauche blanc est émis par la sortie 73 du haut-parleur 66. On détecte par un microphone 68 de la tête 67 un signal électrique reçu blanc modifié droit qui a emprunté le chemin 75. Le microphone 69 détecte un signal électrique reçu blanc modifié gauche qui a emprunté le chemin 74. On produit, un troisième jeu de coefficients HGD 200 lié au filtre 2, en faisant une division fréquentielle point à point entre le spectre du signal électrique blanc reçu modifié droit en 68 et le spectre du



signal électrique blanc émis gauche SBG 81. On produit un quatrième jeu de coefficients HGG 201 lié au filtre 2, en faisant une division fréquentielle point à point entre le spectre du signal électrique blanc reçu gauche en 69 et le spectre du signal électrique blanc émis gauche. On réalise en fait là encore  
5 une intercorrélacion pour obtenir ces deux filtres.

On utilise de préférence des filtres dont la longueur spectrale de filtrage est une puissance de deux car les algorithmes utilisés pour l'intercorrélacion et la transformée de Fourier discrète utilisent des modèles optimisés pour ce cas particulier.

10 Ces quatre jeux de coefficients de quatre fonctions de transfert, forment un quadrille de coefficients. Ce sont ces quadrilles et leurs caractéristiques qui donnent une certaine couleur et une certaine profondeur au son traité. En effet, les coefficients des fonctions de transferts des filtres prennent en compte la chaîne empruntée par le son, à savoir le  
15 préamplificateur du haut-parleur 65 (ou 66), l'amplificateur du haut-parleur 65 (ou 66), la propagation dans le milieu et les caractéristiques des microphones. Pour chaque système, et pour chaque configuration dans l'espace, la sonorité associée à un quadrille peut donc être différente.

La figure 3 justement, illustre le fait que les fonctions de transfert  
20 obtenues pendant la phase d'extraction de la figure 2 dépendent de la géométrie du dispositif dans l'espace. Deux haut-parleurs 83 et 84 ainsi qu'une tête artificielle 85 composée de deux microphones 86 et 87 désorientés sur la tête de 180° l'un de l'autre sont disposés dans une pièce 90. La tête 85 comporte deux cônes de confusion 88 et 89 qui sont  
25 caractéristiques de l'oreille humaine. L'ouverture des cônes de confusion est comprise entre quinze et vingt-cinq degrés. Tous les points de la section du cône de confusion 88 ou 89, possèdent un retard inter-aural identique. Lorsqu'un son est émis dans un des cônes de confusion, l'auditeur a du mal à situer la provenance de ce son. Ce phénomène se révèle intéressant pour  
30 des prises de son particulières.

Pour chaque position des haut-parleurs dans la pièce 90, la tête 85 produit une sensation d'écoute différente. C'est-à-dire qu'elle détecte des signaux électriques de son différents, et cela se traduit par des quadrilles de nature différente, avec des coefficients différents pour chaque position. On  
35 appelle configuration du système, l'ensemble de paramètres correspondant à

une position fixe ou mobile des haut-parleurs et à une position fixe ou mobile des microphones. Une fois positionnés, les éléments d'une configuration demeurent de préférence statiques pendant la prise de son qui aboutit à la détermination des coefficients des filtres. La position des haut-parleurs 83 et 84, celle de la tête 85 et des microphones 87 et 86, ainsi que leur orientation sont autant de paramètres qui pris séparément jouent sur la nature du signal électrique de son qui est capté par les microphones. En effet, la variation de la distance de la tête 85 aux haut-parleurs 83 et 84 revient à faire varier le temps du parcours du son dans l'air. Par exemple, le quadrille obtenu pour la configuration des éléments 83, 84 et 85 dans la pièce 90 ne donne pas la même sonorité lors du traitement que le quadrille obtenu à partir d'une configuration dans laquelle la tête 85 a été reculée, 301, élevée, 302 ou abaissée 303, ou tournée sur elle-même 304 ou 305. Les quadrilles peuvent encore être changés si un haut-parleur ou les deux sont déplacés selon des directions x, y ou z.

Les dimensions de la pièce 90 ont aussi une influence sur le son détecté par les microphones 86 et 87. En modifiant les dimensions de la pièce, 90 devenant 203, on modifie la nature des réflexions du son émis par les haut-parleurs 83 et 84 sur les parois de la pièce. Dans la pièce 90 et la pièce 203, des haut-parleurs et des microphones ont des positions relatives identiques. Comme le mur perpendiculaire à l'axe x de la pièce 203 est plus petit que celui de la pièce 90, les réflexions sont plus nombreuses suivant l'axe y dans la pièce 203 que dans la pièce 90. Les quadrilles qui sont liés à la nature de l'onde acoustique détectée, à sa puissance et à sa fréquence, sont donc différents d'une pièce à l'autre.

En modifiant l'orientation des haut-parleurs 83 et 84 ou des microphones de la tête, on modifie l'angle de réception du son par les microphones de la tête. On modifie donc encore l'allure de l'onde reçue.

On remarque que plus on éloigne la tête 85 des haut-parleurs 83, 84, plus les quadrilles obtenus donnent un effet de profondeur marqué. En plaçant les deux haut-parleurs symétriquement de part et d'autre de la tête dans le cône de confusion, on obtient une sensation d'enveloppement et d'immersion maximum qu'on obtiendrait difficilement avec d'autres positions.

A partir de toutes ces prises de son de différentes natures, on retient les configurations particulières ou singulières qui produisent les quadrilles



rendant le meilleur effet d'écoute en profondeur du son. Au besoin, on peut retenir plusieurs quadrilles (correspondant à plusieurs configurations).

La figure 4 représente d'une manière théorique deux jeux particuliers de coefficients d'un des deux filtres obtenus après la phase d'extraction décrite dans la figure 2. La figure 4 illustre un traitement qui est effectué sur les filtres pour les rendre plus efficaces. Dans ce but, des coefficients de filtres bruts sont déterminés selon les intercorrélations vues plus haut. Puis, à partir de ces coefficients bruts, on établit la réponse impulsionnelle de ces filtres, par une transformée de Fourier discrète inverse. On repasse donc ici, pour le calcul des filtres (pas pour leur utilisation), dans le domaine temporel. Une telle réponse impulsionnelle est montrée sur la figure 4. Le diagramme pour le filtre HDD 91 donne l'allure de la réponse impulsionnelle. Cette réponse impulsionnelle permet de déduire le champ latéral correspondant. On remarque sur ce filtre la présence d'une amplitude correspondant au champ direct 92. Cette amplitude ADDM est la plus grande des amplitudes. Le champ direct correspond au champ qui, de la source sonore, parcourt le plus court chemin jusqu'au récepteur. On observe aussi des amplitudes de premières réflexions 93 qui sont encore significatives. Finalement, des amplitudes de champ diffus 94 qui sont de plus en plus faibles. Les plus faibles ne jouent pas un grand rôle dans le traitement du son parce qu'elles sont noyées dans le bruit de mesure. La réponse impulsionnelle HDD 91 a une période d'échantillonnage TE en relation avec le pas de la transformée de Fourier initiale et avec l'échantillonnage temporel initial du signal.

Le diagramme HDG 96 donne l'allure de la réponse impulsionnelle du champ croisé à partir d'un signal électrique de son droit. Son allure est très semblable à celle de la réponse impulsionnelle de HDD 91 car les deux jeux de coefficients ont été obtenus à partir d'un même bruit blanc. L'amplitude du champ direct 97 qui correspond au champ acoustique directement reçu par le microphone est là encore la plus importante du filtre. Les premières réflexions 98 donnent des amplitudes qui sont significatives et les plus faibles des amplitudes du champ diffus 99 présentent peu d'intérêt dans le traitement du son parce qu'elles sont noyées dans le bruit de mesure. La période d'échantillonnage est de préférence la même que pour HDD 91 : elle vaut TE, référence 100.

Après avoir ainsi transformé sous une forme temporelle les jeux de

coefficients HDD 91 et HDG 96, on traite les échantillons résultant de cette transformation pour modifier ces filtres. A l'issue de cette modification, on retranspose les réponses impulsionnelles modifiées dans le domaine fréquentiel, pour obtenir des coefficients fréquentiels de filtres et utiliser  
 5 ensuite les filtres correspondants comme des filtres fréquentiels classiques. La partie de la description qui suit indique comment cette modification est apportée aux réponses impulsionnelles pour donner plus de couleur aux sons ainsi subséquentement filtrés.

Dans l'exemple, on s'aperçoit que le champ direct 92 du filtre temporel  
 10 HDD 91 et le champ direct 97 du filtre temporel HDG 96 sont décalés dans le temps d'une durée TR, 101, dite inter-aurale. Une première étape consiste à recalculer les filtres les uns par rapport aux autres en alignant les champs directs ou en choisissant un écart TR approprié à l'ambiance sonore désirée. Pour faire varier la durée TR ou la supprimer, on peut introduire ou enlever  
 15 des échantillons nuls entre le premier échantillon significatif, 92 ou 97, et le zéro d'origine sur les durées 102 ou 103. Cette introduction ou cet enlèvement conduisent à étaler plus ou moins le son dans l'espace.

Une seconde étape consiste à normaliser les filtres temporels des réponses impulsionnelles. On recherche d'abord les maxima des champs  
 20 des réponses impulsionnelles. Dans l'exemple, on cherche le maximum de HDD 91 qui correspond à ADDM, 104, et on cherche le maximum de HDG 96 qui ici correspond à ADGM, 105. On recherche ensuite le maximum de ces deux maxima. On ramène le maximum trouvé à un et on normalise le niveau des autres composantes impulsionnelles des filtres. Dans le cas où  
 25 les niveaux des composantes impulsionnelles des filtres sont trop disparates, la normalisation en ramenant un maximum à un n'est plus possible car elle rendrait le champ diffus d'un des filtres 94 et 99 trop important.

Une normalisation par la puissance de la réponse impulsionnelle à partir de la moyenne quadratique peut être alors envisagée en appliquant  
 30 une fenêtre identique sur l'ensemble du filtre, et en calculant sa puissance. On compense ensuite les niveaux pour obtenir une puissance identique sur les quatre filtres fenêtrés.

Pour produire certains effets sonores, des masques temporels peuvent en outre être appliqués sur les réponses impulsionnelles des filtres  
 35 HDD 91 et HDG 96. Par exemple, on peut de HDD 91 extraire uniquement le



champ direct et en déduire un filtre fréquentiel déterminé uniquement à partir de ce champ direct. Ce filtre fréquentiel est ensuite appliqué sur le signal électrique 13. On peut aussi appliquer un masque rectangulaire 195 qui élimine les coefficients dont le rang est supérieur à un rang donné, ou bien encore un masque se terminant en forme d'exponentielle 196 afin de modifier une partie spécifique du filtre.

Une altération aléatoire des amplitudes de certains échantillons peut en outre être effectuée, toujours dans le but de créer une atmosphère sonore particulière.

On peut aussi éliminer certains échantillons dont l'amplitude est inférieure à un seuil, par exemple L1 106 ou L2 107. Ce seuil peut correspondre au niveau du bruit. En effet, les échantillons dont le niveau est inférieur au niveau du bruit n'ont pas une grande influence sur la qualité du traitement sonore donné par le filtre.

On peut aussi supprimer certains échantillons notamment les plus faibles en réalisant une troncation, de manière à ce que le traitement puisse s'adapter au dispositif réellement utilisé pour le réaliser. En effet, la taille du filtre doit pouvoir s'adapter à la contrainte d'industrialisation comme par exemple à la taille de la mémoire disponible dans le système de traitement ou encore à la capacité de calcul du processeur. Dans la pratique, on utilise des filtres de seize kilos coefficients, chaque coefficient étant quantifié sur soixante quatre bits. On a ainsi dans la réponse impulsionnelle seize kilos échantillons, pouvant mener dans le domaine fréquentiel à seize kilos coefficients. Si les ressources du système sont faibles, on peut réduire à quatre kilos ou deux kilos le nombre de coefficients. En dessous de ces valeurs les résultats du traitement sont toujours présents mais moins bien maîtrisés.

Pour le traitement du signal d'origine par les filtres à coefficients temporels, on transpose dans un premier temps les coefficients de ces filtres temporels dans le domaine des fréquences grâce à des cellules de transformée de Fourier discrète 111-114. Le signal ainsi traité peut cependant apparaître inacceptable et nécessiter un traitement d'égalisation complémentaire. Plutôt que de réaliser sur le signal électrique de son 13 un tel traitement d'égalisation complémentaire, dans l'invention on prévoit d'incorporer des fonctions d'égalisation dans des cellules situées en amont

des cellules de transformée de Fourier 111-114. Les fonctions d'égalisation modifient les coefficients des filtres en amplitude et en phase sur tout ou partie de la réponse impulsionnelle. On a découvert que le contrôle de la phase est un point critique dans tous les filtrages liés à la spatialisation et à la mise en profondeur des sons. Par exemple, on peut modifier en phase et en amplitude les coefficients du champ direct et des premières réflexions tout en laissant les coefficients du champ diffus inchangés.

Ces fonctions d'égalisation peuvent avoir pour objet d'améliorer le rendu spectral d'un filtre ou d'un son en corrigeant ou en compensant certains défauts qui peuvent être liés à la prise de son. Par exemple, un auditeur peut vouloir augmenter des amplitudes de certaines composantes fréquentielles de manière à faire ressortir une couleur de son plus qu'une autre. Dans ce but, les cellules situées en amont des cellules 111-114 peuvent être paramétrées pour certaines ou toutes les gammes de fréquence par des coefficients de pondération. Dans l'égalisation, toutes les composantes fréquentielles des quatre filtres peuvent même être ajustées indépendamment en prévoyant de modifier indépendamment les coefficients de pondération des cellules. Cette indépendance donne la possibilité de modifier toutes les caractéristiques des niveaux d'amplitude et de phase des différents filtres.

Plutôt que d'utiliser des cellules en amont des cellules 111-114, il serait envisageable d'incorporer des fonctions d'égalisation directement dans les cellules 111-114. Il serait aussi envisageable de paramétrer la cellule 110 ou les cellules 7 et 8 par des coefficients de pondérations. Ces alternatives sont néanmoins plus compliquées et limitatives que l'utilisation de cellules indépendantes permettant de réaliser l'égalisation avant la transposition des coefficients des filtres dans le domaine des fréquences.

La figure 5 représente par un bloc fonctionnel 600 un mode de réalisation possible du circuit qui exploite les coefficients de filtrage extraits. Le traitement des signaux est réalisé en découpant les données à traiter en N blocs de données que l'on multiplie par N paquets de coefficients. En l'occurrence, on s'attache à la réalisation de HDD 78, avec quatre paquets de coefficients, ici N valant quatre. Les coefficients de filtrage de HDD78 sont présents dans le filtre 1 de la figure 1. Ils permettent à partir du signal appliqué en entrée 14 d'obtenir le signal électrique de son traité 15 en sortie.

Les coefficients d'un filtre, donc du filtre HDD 78, sont au nombre de seize kilos et sont définis chacun sur quatre octets. Avec N valant quatre, ces coefficients sont découpés en quatre paquets de coefficients de quatre kilos coefficients chacun. Le signal en entrée qui est traité par HDD78 est un  
5 signal électrique de son découpé en blocs de quatre kilos mots. Chaque mot représente un échantillon de données codé lui aussi sur quatre octets. Dans le montage, on réalise quatre étages de traitement distincts qui sont combinés par un sommateur 130.

De manière générale, pour traiter, le circuit de la figure 5 effectue une  
10 transformée de Fourier discrète des blocs de données, à travers une cellule 110, du signal 13 transmis par une liaison 132 à une mémoire 109. On obtient un signal transposé dans le domaine des fréquences observable en sortie 136. Ce signal transposé est ensuite multiplié par les coefficients de filtrage d'un filtre.

Les coefficients de ce filtre sont contenus dans l'exemple dans quatre  
15 mémoires mortes, HDD1 118, HDD2 119, HDD3 120 et HDD4 121. Ces coefficients sont multipliés au signal disponible en sortie 136 par l'intermédiaire d'opérateurs. Le signal multiplié obtenu, 15 dans l'exemple après le sommateur 130, est alors transposé dans le temps par une  
20 transformée de Fourier discrète inverse modélisée dans l'exemple par la cellule 7 de la figure 1.

Pour effectuer la multiplication du signal d'entrée par les coefficients  
du filtre, dans le domaine des fréquences, le signal électrique de son à traiter  
13 est groupé en groupes de deux blocs consécutifs dans le temps. Ces  
25 groupes de deux blocs transformés sont ensuite transmis à une ligne de retard 400 à quatre sorties 136, 152, 163 et 180. Le retard disponible à la sortie 136 est nul. En pratique, la ligne 400 ne comporte que trois cellules de retard 115, 116, 117. On effectue préalablement la transformée de chacun de ces groupes de deux blocs à l'aide du circuit 110 de transformée de  
30 Fourier discrète. Les coefficients de filtrage sont scindés en N paquets qui correspondent aux quatre paquets de coefficients de l'exemple HDD1 118, HDD2 119, HDD3 120 et HDD4 121. Ces paquets peuvent être contenus dans des mémoires mortes toutefois, on pourrait envisager de les calculer à la volée.

35 Dans le but de maîtriser la phase du signal électrique de son, les

paquets de coefficients utilisés, HDD1 118, HDD2 119, HDD3 120 et HDD4 121 dans l'exemple, sont des paquets de coefficients de filtres à réponse impulsionnelle finie. Le nombre de coefficients de ce type de filtre est fini.

Comme les N blocs du signal d'entrée, les N paquets de coefficients de filtrage sont transposés dans le domaine fréquentiel par l'intermédiaire de cellules de transformée de Fourier discrète 111-114. Après transposition, les N blocs du signal électrique d'entrée et les N paquets de coefficients de filtres sont multipliés deux à deux au travers d'opérateurs de multiplication 126-129 du circuit de l'exemple où N vaut quatre. Transposer les différents signaux à traiter dans le domaine fréquentiel, les blocs du signal d'entrée et les paquets de coefficients, a pour effet de faciliter une convolution en la transformant en une simple multiplication dans le domaine des fréquences. Cette même convolution aurait été difficile à calculer dans le domaine temporel et elle aurait demandé plus de ressources système, notamment plus de mémoire. Les N résultats obtenus sont ensuite additionnés entre eux par le sommateur 130. En agissant ainsi le filtrage a été décomposé en N multiplications. C'est plus simple.

La trame du signal d'entrée scindée en blocs et observable à la sortie de la cellule 110, est transmise à la ligne à retard 400 à quatre sorties. Chacune des cellules 115-117 retarde d'un bloc d'échantillon le signal qui lui est appliqué en entrée. En agissant ainsi, la trame d'entrée est scindée en N blocs, quatre dans l'exemple qui sont observables au points d'interconnexion 139, 154, 166 et 182. En outre, les cellules 115-117 évitent la superposition des résultats de convolution au moment où la somme est effectuée. On garde ainsi un traitement cohérent, tout en ayant divisé les coefficients de filtrage de HDD 78 en N paquets.

La transformée du signal 13 peut être calculée sur chacun des signaux observables sur les N sorties de la ligne à retard 400, en plaçant dans l'exemple des cellules de transformée de Fourier discrète 500-503 sur des liaisons 141, 156, 168, 182. On peut aussi, et c'est la solution préférée, calculer la transformée de Fourier pour l'ensemble de la trame en plaçant une cellule de transformée de Fourier discrète 110 en amont de la ligne à retard.

Pour scinder la trame en blocs, on mémorise un signal électrique d'entrée, 13 dans l'exemple, de capacité proportionnelle au N ième de la

trame. Dans une réalisation préférée, des doubles blocs qui se recouvrent l'un sur l'autre de moitié, sont formés par une mémoire 109 pour scinder la trame d'entrée en N blocs. Dans l'exemple, la capacité de la mémoire 109 qui est ici une mémoire tampon, est deux fois supérieure à la taille d'un bloc

5 du signal électrique de son 13. La mémoire tampon de huit kilos mots de quatre octets est ainsi divisée en deux blocs de quatre kilos mots chacun. Cette réalisation permet de disposer de groupes successifs (dans le temps) de deux blocs de données recouverts l'un sur l'autre de cinquante pourcents. Les groupes de blocs de données en sortie de la mémoire 109 ont donc une

10 taille de huit kilo mots. En divisant par deux la taille de la mémoire tampon d'entrée (huit kilos mots au lieu de seize kilos mots), et en adaptant un recouvrement, la mémoire tampon circulaire 109 réduit le temps de latence du traitement. Le temps de latence est la durée qui s'écoule entre l'entrée dans le système de traitement du premier échantillon à traiter et son

15 traitement effectif par le système. Ce temps de latence est lié au temps de remplissage de la mémoire tampon d'entrée. Cette technique de traitement introduisant un recouvrement des échantillons permet donc un traitement rapide des signaux d'entrée à filtrer. Dans l'invention, on utilise un recouvrement avec un taux de cinquante pourcents bien que ce ne soit pas

20 la seule valeur possible. On pourrait envisager par exemple d'utiliser un recouvrement supérieur de vingt-cinq ou trente-trois pourcents. Une transformée de Fourier de ces doubles blocs est ensuite effectuée, on l'a vu, par l'intermédiaire de la cellule de transformée de Fourier discrète, 110 et via la liaison 135.

25 Les N paquets de coefficients de filtrage: HDD1 118, HDD2 119, HDD3 120 et HDD4 121 de l'exemple, sont complétés par des échantillons constants à l'aide de cellules 122 à 125 de bourrage. Dans la pratique, le complément est effectué par des échantillons nuls introduits par des cellules de bourrage à zéro mais on pourrait introduire des échantillons de valeur

30 constante, non nulle, afin de faire varier les effets à réaliser sur le son à traiter d'origine. On obtient alors N doubles paquets observables dans l'exemple en sortie 144, 157, 171 et 185 des cellules 122-125 du circuit de l'exemple où N vaut quatre. Les cellules 122 – 125 sont des cellules de bourrage à zéro. Ces cellules 122-125 sont utilisées de manière à pouvoir

35 multiplier deux signaux bien qu'ils n'aient pas la même taille. Les cellules de

bouillage à zéro complètent en effet par des échantillons nuls les signaux qui leur sont appliqués en entrée jusqu'à ce que ces derniers atteignent une taille permettant la réalisation d'une opération. Ainsi aux sorties des cellules de bouillage, on observe des signaux de huit kilos mots alors que les signaux appliqués sur les entrées 142, 153, 169 et 183 n'avaient une longueur que de quatre kilos mots. Ce complément d'échantillons est nécessaire afin que la multiplication soit physiquement réalisable entre les N doubles blocs du signal d'entrée et les N paquets de coefficients de filtrage. En effet, une multiplication est possible, uniquement si les tailles des signaux échantillonnés disponibles sur les différentes entrées du multiplicateur sont identiques entre elles.

Le calcul avec les doubles blocs recouverts et avec les paquets de coefficients bourrés à zéro conduit à une redondance. Il convient, compte tenu de ce choix de traitement (on aurait pu faire autrement), d'extraire les résultats significatifs. On extrait de ces doubles blocs multipliés, des blocs multipliés à l'aide d'une opération matricielle. Cette opération matricielle est effectuée dans l'exemple, au travers des cellules matricielles 9 et 10 réalisant une sélection d'une partie du bloc entrant de manière à éliminer la redondance d'échantillons due à l'utilisation d'une mémoire tampon circulaire qui engendre un traitement double des échantillons.

Le signal 13 est ainsi transformé en signal 15. Cette transformation correspond au filtrage HDD 78. Pour correspondre aux autres filtres HDG 79, HGD 200 et HDG 2001, à partir des signaux 13 et 17 (cf. figure 1) le montage de la figure 5 comporte trois autres blocs fonctionnels 601, 602, 603 comme le bloc fonctionnel 600 qui vient d'être décrit. Un même type de traitement regroupant une combinaison de signal, une transformée de Fourier discrète inverse, et une opération matricielle est réalisée sur les autres signaux 13 et 17 afin de simuler les chemins des sons dans l'air. Le signal 16 est obtenu dans l'exemple à partir d'un filtrage réalisé sur le signal 13. Les signaux 21 et 20 sont obtenus à partir de deux filtrages réalisés sur le signal 17 du filtre 2. Les trois blocs 601 – 603 ont une structure semblable à celle du bloc 600.

Avec l'évolution du procédé de l'invention, N qui vaut quatre dans la réalisation préférée, peut être augmenté. En effet, plus N est grand, plus la taille de la mémoire tampon d'entrée diminue pour un filtre de longueur



donné. Donc, le temps de latence diminue lorsque  $N$  augmente. Dans ces conditions, on peut envisager un traitement en temps quasi réel du signal de son d'origine (sans profondeur). Notamment on peut envisager d'utiliser le traitement de signaux sonores de l'invention pour des sons correspondant à des images transmises en direct.

On peut aussi diviser les réponses impulsionnelles des filtres et le signal d'entrée en blocs de taille variable. Le plus petit bloc définit le temps de latence. Il correspond, de préférence, au début de la réponse impulsionnelle du filtre. Par exemple, on peut commencer par traiter 512 échantillons temporels, puis à l'étape suivante en traiter 1024, puis 2048 et ainsi de suite, en augmentant la taille jusqu'à la fin de la réponse impulsionnelle. Plus généralement, par exemple un premier bloc de  $N$  points est traité, la suite du traitement est sur  $2N$  points, la suite sur  $4N$ , etc. jusqu'à la fin de la réponse. D'autres variantes sont possibles :  $N$ ,  $N$ ,  $2N$ ,  $2N$ ,  $4N$ ,  $4N$ , etc. Plus généralement quand on évoque des blocs, bien qu'ils soient de préférence de tailles égales ils peuvent être de tailles inégales. En disposant de plusieurs quadrilles de simulation, il est possible de mettre à disposition des utilisateurs, dans des mémoires telles que 118 à 121, complémentaires, des filtrages correspondant à d'autres configurations. On envisage ainsi de mettre à disposition des utilisateurs une vingtaine de configurations (et de filtrages associés) différentes. En outre, il est possible qu'un utilisateur veuille combiner les effets de plusieurs quadrilles. Dans l'invention on prévoit alors d'additionner les coefficients respectifs de deux quadrilles (et de normaliser l'addition par une division par deux) ou de plus de deux quadrilles. Les mémoires 118 à 121 sont alors chargées par les coefficients résultant de cette combinaison.

## REVENDEICATIONS

1 - Procédé de traitement d'un signal électrique de son dans lequel on met en œuvre les étapes suivantes :

- on traite un signal électrique de son droit (13) et un signal électrique de son gauche (17) pour produire un signal électrique de son droit traité (53) et un signal électrique de son gauche traité (62),  
caractérisé en ce que pour traiter
- on simule (600) la production d'un premier signal électrique de son traité droit (15) à partir du signal électrique de son droit (13),
- on simule (603) la production d'un deuxième signal électrique de son traité droit (20) à partir du signal électrique de son gauche (17),
- on simule (602) la production d'un troisième signal électrique de son traité gauche (21) à partir du signal électrique de son gauche (17),
- on simule (601) la production d'un quatrième signal électrique de son traité gauche (16) à partir du signal électrique de son droit (13), et
- on diffuse un son (63, 64) correspondant à ces quatre signaux électriques de son traités.

2 - Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que, pour simuler

- on produit (70) avec un système de diffusion acoustique (65), et à partir d'un signal électrique de bruit blanc (76), un signal de son acoustique droit blanc,
- on détecte avec un détecteur acoustique (68,69) un signal acoustique correspondant reçu, sous la forme d'un signal électrique reçu blanc modifié de son droit et d'un signal électrique reçu blanc modifié de son gauche correspondant à la réception du signal acoustique de son droit blanc,
- on produit un spectre fréquentiel droit correspondant à un signal électrique de bruit blanc droit, et deux spectres fréquents reçus, respectivement correspondant au signal électrique reçu blanc modifié de son droit, et au signal électrique reçu blanc modifié de son gauche,
- on produit un premier jeu de coefficients de filtres fréquents à partir du spectre fréquentiel droit et à partir du spectre fréquentiel du signal électrique reçu blanc modifié de son droit,
- on produit un deuxième jeu de coefficients de filtres fréquents à partir du spectre fréquentiel droit et à partir du spectre fréquentiel du signal

électrique reçu blanc modifié de son gauche,

- on produit (73) avec un système de diffusion acoustique (66) et à partir d'un signal électrique de bruit blanc (81), un signal de son acoustique gauche blanc,

5       - on détecte avec un détecteur acoustique (68,69) un signal acoustique correspondant reçu, sous la forme d'un signal électrique reçu blanc modifié de son gauche et d'un signal électrique reçu blanc modifié de son droit correspondant à la réception du signal acoustique de son gauche blanc.

10       - on produit un spectre fréquentiel gauche correspondant à un signal électrique de bruit blanc gauche, et deux spectres fréquents reçus, respectivement correspondant au signal électrique reçu blanc modifié de son gauche et au signal électrique reçu blanc modifié de son droit,

15       - on produit un troisième jeu de coefficients de filtres fréquents à partir du spectre fréquentiel gauche et à partir du spectre fréquentiel du signal électrique reçu blanc modifié de son gauche,

- on produit un quatrième jeu de coefficients de filtres fréquents à partir du spectre fréquentiel gauche et à partir du spectre fréquentiel du signal électrique reçu blanc modifié de son droit,

20       - ces quatre jeux de coefficients forment un quadrille de jeux de coefficients,

- et, pour traiter, on filtre les signaux électriques de son droit et gauche avec des filtres fréquents dont les paramètres sont donnés par ce quadrille.

25       3 - Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que

- on produit les jeux de coefficients à partir de deux spectres par une division complexe composante à composante des points complexes de ces composantes dans chacun de ces spectres.

30       4 - Procédé selon l'une des revendications 2 à 3, caractérisé en ce que, pour diffuser

- on produit des coefficients de quatre filtres temporels (91-99) à partir respectivement des coefficients du premier, deuxième, troisième et quatrième filtre fréquentiel.

35       5 - Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce que

- on modifie (195,196) les coefficients des filtres temporels par tout ou



partie des opérations suivantes :

- normalisation des filtres temporels d'un quadrille, en maximum de champ direct ou en moyenne quadratique de champ diffus,

5 autres,

- recalage temporel (101) des filtres temporels les uns par rapport aux

- décalage temporel des échantillons d'un filtre temporel,

- masquage de certains échantillons du filtre temporel (195, 196),

- altération des amplitudes de certains échantillons d'un filtre temporel.

10 6 - Procédé selon l'une des revendications 4 à 5, caractérisé en ce que

- dans les coefficients d'un filtre temporel on élimine ceux dont le rang est supérieur à un rang donné, et ou

- dans les coefficients d'un filtre temporel on élimine ceux dont la valeur est inférieur à un seuil (106,107).

15 7 - Procédé selon l'une des revendications 2 à 6, caractérisé en ce que

- on produit des quadrilles de jeux de coefficients pour différentes configurations (301-305) du système de diffusion acoustique et ou pour différentes salles (90,203) dans lesquelles est placé le système de diffusion acoustique (83-85) pour la production des coefficients.

20 8 - Procédé selon la revendication 7, caractérisé en ce que

- une des configurations est une configuration en cône de confusion (88, 89).

25 9 - Procédé selon l'une des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que pour diffuser

- on combine les signaux électriques de son traités par les filtres (26,31) aux signaux électriques de son non traités d'origine (13, 17).

10 - Procédé selon la revendication 9, caractérisé en ce que pour combiner

30 - on introduit un décalage temporel entre les signaux électriques de son acoustique traités par les filtres et les signaux électriques de son non traités d'origine.

11 - Procédé selon l'une des revendications 1 à 10, caractérisé en ce que pour filtrer

35 - on effectue une transformée de signal d'un signal électrique de son

et on obtient un signal transformé,

- on multiplie le signal transformé par des coefficients de filtrage et on obtient un signal multiplié,

- on transforme le signal multiplié par une transformée inverse,
- 5       - les coefficients de filtrage sont des coefficients de filtres à réponse impulsionnelle finie (118-121).

12 - Procédé selon la revendication 11, caractérisé en ce que pour effectuer la transformée

- on scinde une trame du signal électrique de son en N blocs,
- 10       - on effectue la transformée de chacun des blocs,
- on scinde les coefficients de filtrage en N paquets de coefficients,
- on multiplie deux à deux les N blocs de données d'entrée par les N paquets de coefficients de filtre, et
- on additionne les blocs multipliés pour obtenir le signal multiplié.

- 15       13 - Procédé selon la revendication 12, caractérisé en ce que pour scinder la trame et en calculer la transformée

- on calcule successivement la transformée de chacun des N blocs, et
- on transmet les blocs transformés à une ligne à retard à N sorties.

- 20       14 - Procédé selon l'une des revendications 12 à 13, caractérisé en ce que pour scinder la trame en N blocs

- on mémorise un signal électrique de son dans une mémoire tampon circulaire de capacité proportionnelle au nième de la trame du signal électrique de son.

- 25       15 - Procédé selon l'une des revendications 12 à 14, caractérisé en ce que

- pour scinder une trame du signal en N blocs on forme des doubles blocs qui se recouvrent l'un sur l'autre par moitié,
- on effectue la transformée de chacun de ces doubles blocs,
- on complète les N paquets de coefficients par des échantillons
- 30       constants pour obtenir des doubles paquets,
- on multiplie chacun des N doubles blocs par un des N doubles paquets et on obtient des doubles blocs multipliés, et
- on extrait des blocs multipliés à partir des doubles blocs multipliés.

- 35       16 - Procédé selon l'une des revendications 1 à 15, caractérisé en ce que pour simuler,

- on place une tête artificielle qui comporte les deux détecteurs acoustiques (68,69) dans un axe médian de deux systèmes de diffusion acoustique (65,66),

5 - on applique un signal électrique en forme de peigne de diracs simultanément en entrée des deux systèmes de diffusion acoustique,

- on aligne des champs directs et des champs croisés reçus par les détecteurs acoustiques deux à deux en faisant varier la position de la tête artificielle.

10 17 - Procédé selon l'une des revendications 1 à 16, caractérisé en ce que pour diffuser,

- on incorpore des fonctions d'égalisation dans des cellules situées en amont de cellules de transformée de Fourier.

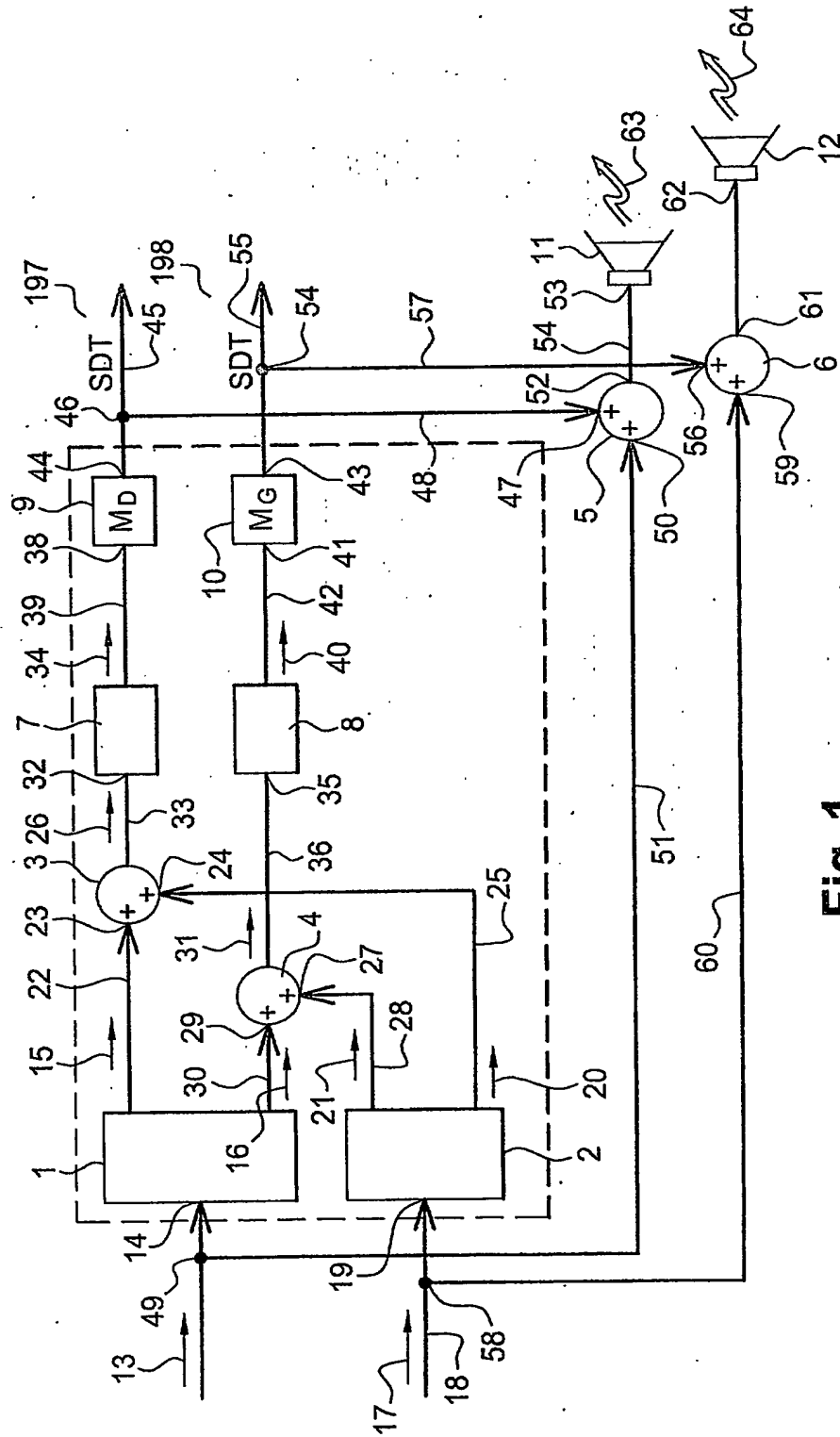
18 - Procédé selon la revendication 17, caractérisé en ce que

15 - on ajuste indépendamment des composantes fréquentielles des quatre filtres fréquentiels obtenus à partir des quatre filtres temporels modifiés.

19 - Procédé selon l'une des revendications 1 à 18 caractérisé en ce que pour diffuser,

20 - on modifie la phase et/ou l'amplitude des coefficients des filtres temporels (91-99) sur tout ou partie de la réponse impulsionnelle.





**Fig. 1**

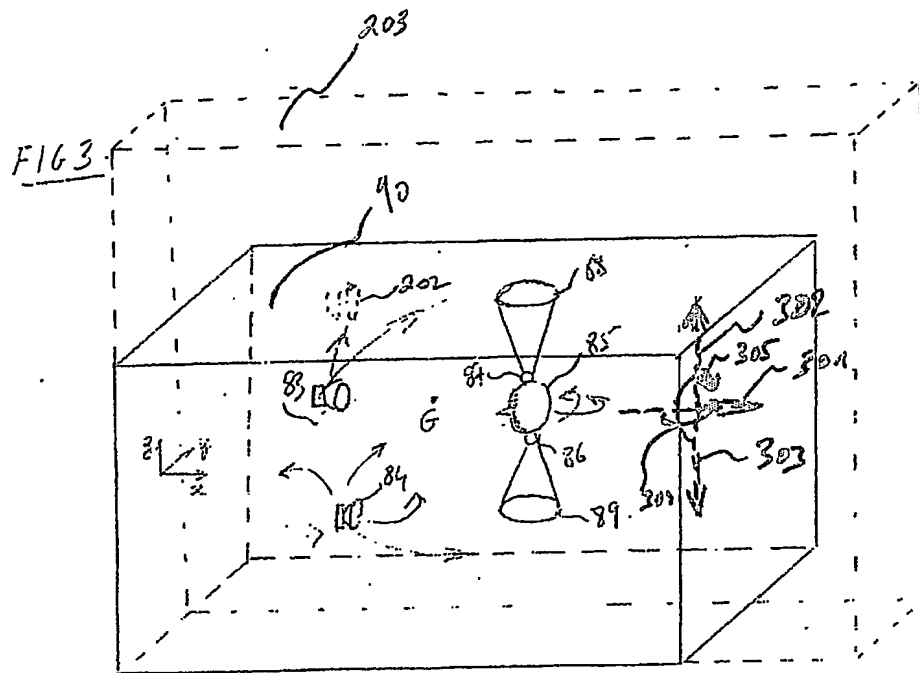
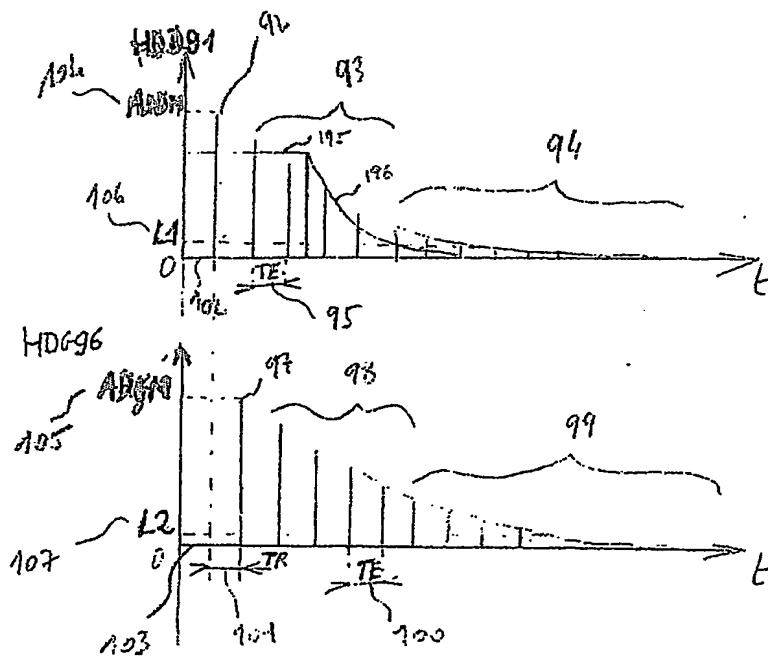


FIG 4



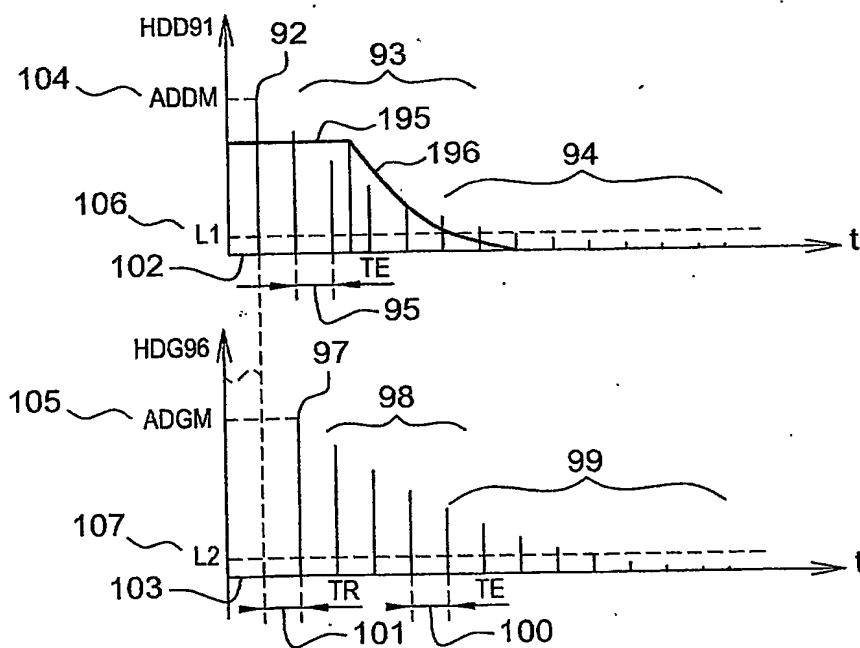
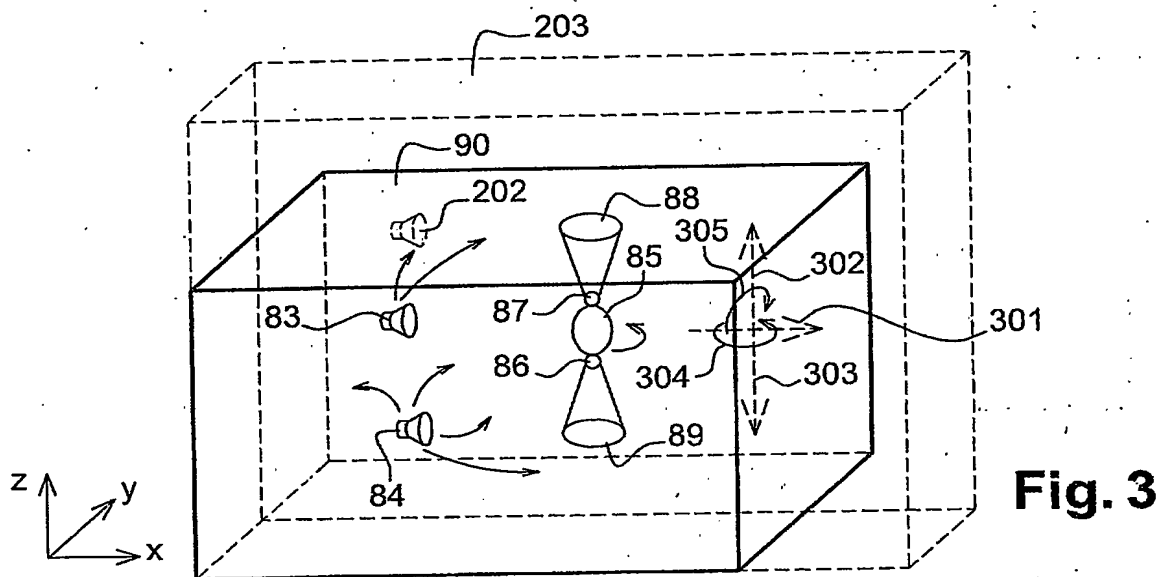
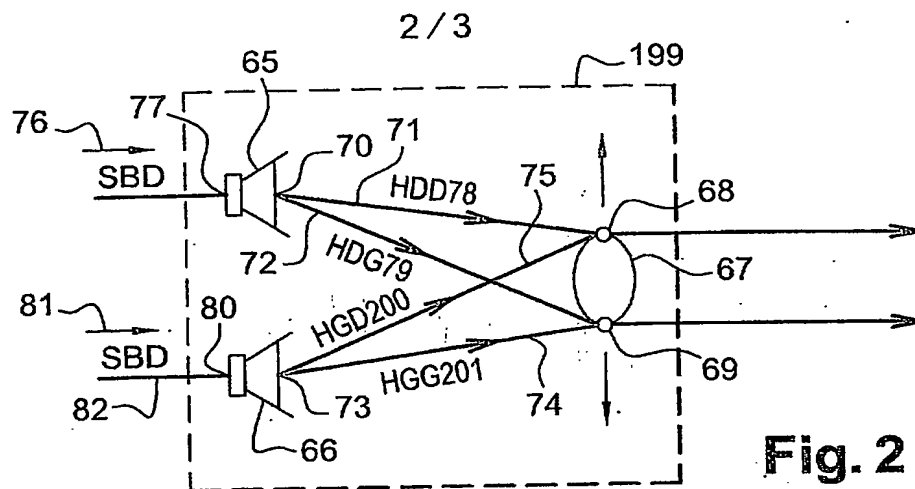
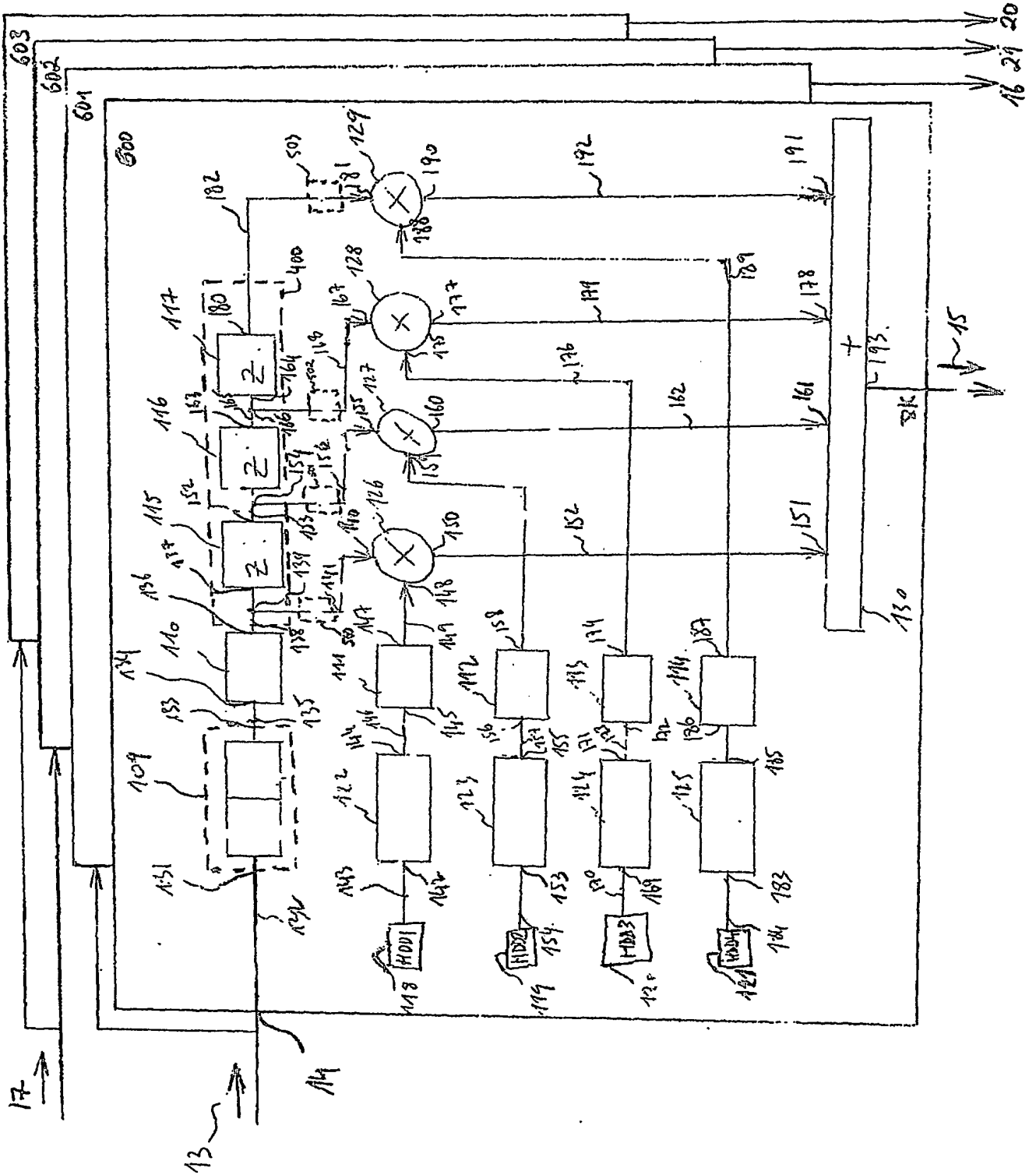


Fig 5



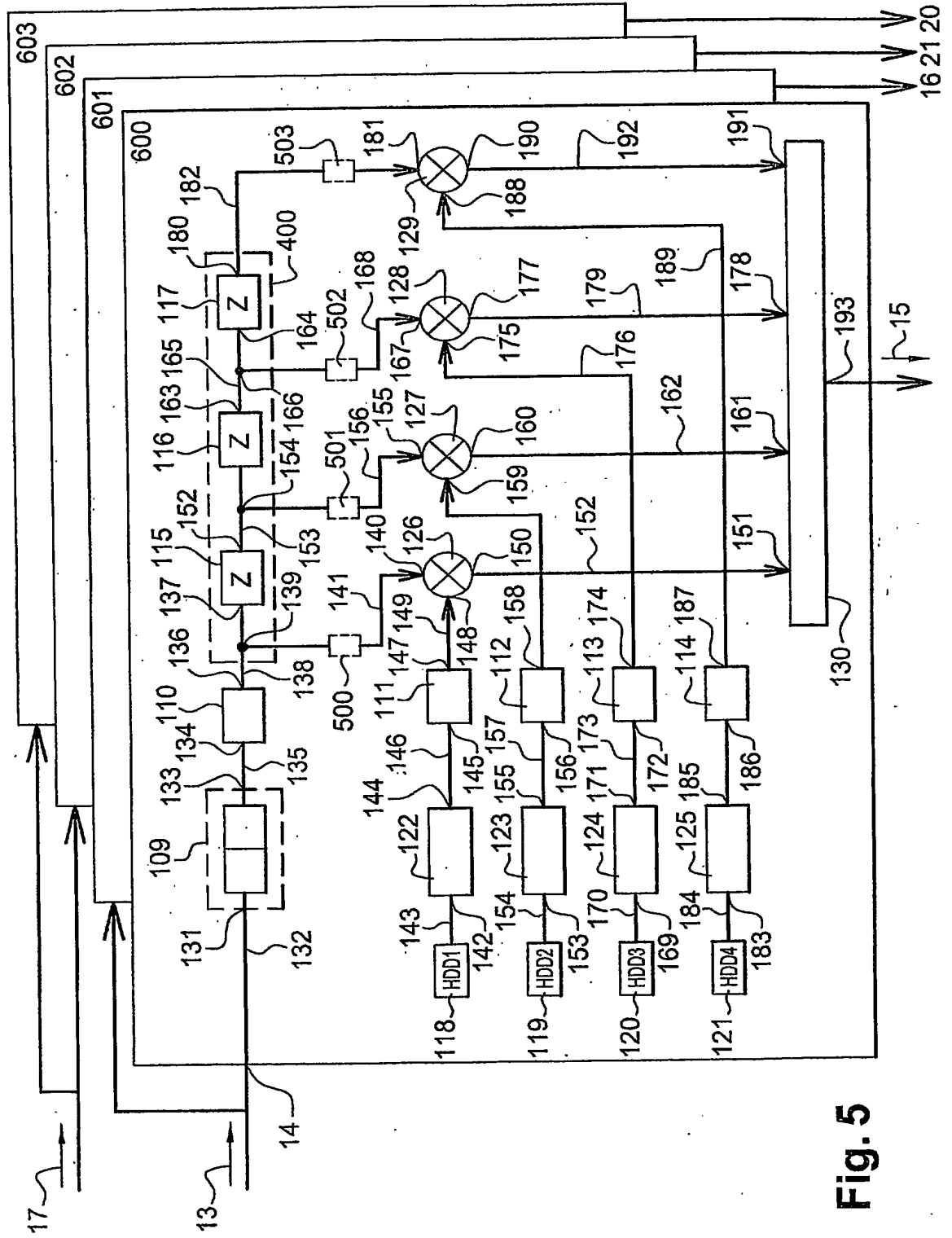
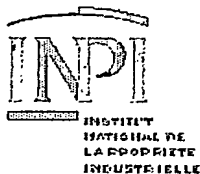


Fig. 5



## BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITE

### Désignation de l'inventeur

Vos références pour ce dossier	10830fr
N°D'ENREGISTREMENT NATIONAL	0350057
TITRE DE L'INVENTION	
	PROCÉDÉ POUR TRAITER UN SIGNAL ÉLECTRIQUE DE SON
LE(S) DEMANDEUR(S) OU LE(S) MANDATAIRE(S):	
DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S):	
Inventeur 1	
Nom	VIEILLEDENT
Prénoms	Georges Claude
Rue	
Code postal et ville	95690 HEDOUVILLE
Société d'appartenance	
Inventeur 2	
Nom	MONCEAUX
Prénoms	Jérôme Claude
Rue	2, cours d'Assée
Code postal et ville	72000 LE MANS
Société d'appartenance	
Inventeur 3	
Nom	RACZINSKI
Prénoms	Jean Michel
Rue	80, chaussée de l'Etang
Code postal et ville	94160 ST MANDE
Société d'appartenance	

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire.  
Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI.

**PGT/FR 004/050120**



This Page is inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record

## BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ BLACK BORDERS
- ☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☒ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLORED OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REPERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images problems checked, please do not report the problems to the IFW Image Problem Mailbox**